

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-141531

(43)公開日 平成6年(1994)5月20日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 2 K 55/00

識別記号

Z A A

庁内整理番号

4238-5H

F I

技術表示箇所

審査請求 有 請求項の数18(全 5 頁)

(21)出願番号 特願平4-283099

(22)出願日 平成4年(1992)10月21日

(71)出願人 391006887

超電導発電関連機器・材料技術研究組合  
大阪府大阪市北区西天満5丁目14番10号  
梅田UNビル

(72)発明者 東村 豊

茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 高村 誠

茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内

(74)代理人 弁理士 鶴沼 辰之

最終頁に続く

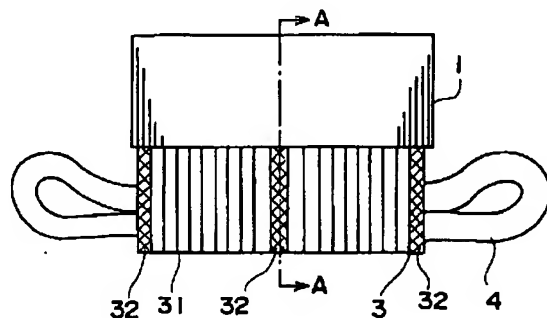
(54)【発明の名称】 超電導発電機および固定子部品

(57)【要約】

【目的】 強大な磁束密度による歯部渦流損の増加を抑制しながら、別置手段を設けることなく固定子コロナシールドを確実に接地するための手段を提供する。

【構成】 非金属材料から成る固定子歯部の発電機軸方向配列分布の少なくとも一部に半導電性の板状歯部部品を配する。また必要に応じて固定子コイルと歯部間に半導電性弾性体クッションを挿入、または／および半導電性接着剤を用いてコロナシールドと歯部を固着する。

【効果】 磁束密度に対応してその数を定めた半導電性歯部部品の非導電性歯部間あるいは歯部端への挿入により、歯部渦流損の増加を抑制しながら固定子コイルの接地を確実にできる。半導電性弾性体クッションの使用、半導電性接着剤使用により突発電流や経年劣化に対抗して接地を確保し信頼性が向上する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 円筒形の磁気シールド部材と、非導電性材料により板状に成形され前記磁気シールド部材の内壁に積層されて固定される歯部と、該歯部間に配され最外層にコロナシールド層を有する固定子コイルとを備えた固定子を有する超電導発電機において、前記歯部の発電機軸方向配列の少なくとも一部に半導電性材料を含む板状歯部部品を配したことを特徴とする超電導発電機。

【請求項2】 請求項1において、前記半導電性材料を含む板状歯部部品を他の前記板状歯部部品よりも弾性率の高いものとすることを特徴とする超電導発電機。

【請求項3】 請求項1において、前記半導電性材料を含む板状歯部部品をカーボン繊維強化プラスチックにより構成することを特徴とする超電導発電機。

【請求項4】 請求項3において、前記カーボン繊維強化プラスチックを、発電機軸方向に積層したカーボン繊維織物を用いて成形することを特徴とする超電導発電機。

【請求項5】 請求項4において、更に各カーボン繊維織物の繊維方向を大略超電導発電機固定子の半径方向とその直角方向に揃えたことを特徴とする超電導発電機。

【請求項6】 請求項1において、前記半導電性材料を含む板状歯部部品をカーボン繊維強化プラスチックにより構成し、他の前記板状歯部部品をガラス繊維強化プラスチックにより構成することを特徴とする超電導発電機。

【請求項7】 請求項1において、前記半導電性材料を含む板状歯部部品は複数の繊維織物を積層してなり、該繊維織物の少なくとも一層が半導電性繊維織物であり他は非導電性繊維織物であることを特徴とする超電導発電機。

【請求項8】 請求項7において、半導電性繊維織物にカーボン繊維織物を、非導電性繊維織物にガラス繊維織物を使用することを特徴とする超電導発電機。

【請求項9】 請求項1において、前記歯部の全てを半導電性材料を含む板状歯部部品により構成することを特徴とする超電導発電機。

【請求項10】 請求項1において、前記コロナシールド層を有する固定子コイルと前記歯部とを半導電性の接着性材料を用いて固着することを特徴とする超電導発電機。

【請求項11】 請求項1において、前記コロナシールド層を有する固定子コイルと前記歯部との間に半導電性の弾性体から成るクッションを挿入することを特徴とする超電導発電機。

【請求項12】 請求項11において、更に、前記固定子コイルと前記半導電性弾性体クッションと前記歯部とを半導電性の接着性材料を用いて固着することを特徴とする超電導発電機。

【請求項13】 円筒形の磁気シールド部材と、非金属

材料により板状に成形され前記磁気シールド部材の内壁に積層されて固定される歯部と、該歯部間に配され最外層にコロナシールド層を有する固定子コイルとを備える超電導発電機の固定子用の板状歯部部品が半導電性を有することを特徴とする超電導発電機固定子部品。

【請求項14】 請求項13において、前記半導電性を有する板状歯部部品が高い弾性率を付与されることを特徴とする超電導発電機固定子部品。

【請求項15】 請求項13において前記半導電性を有する板状歯部部品がカーボン繊維強化プラスチックにより構成されることを特徴とする超電導発電機固定子部品。

【請求項16】 請求項15において、前記カーボン繊維が、発電機として組立てられた時に発電機軸方向に積層された、かつ発電機軸直角断面内で大略半径方向とその直角方向に揃えられた織物であることを特徴とする超電導発電機固定子部品。

【請求項17】 請求項13において、前記半導電性を有する板状歯部部品は複数の繊維織物を積層した繊維強化プラスチックより構成され、該繊維織物の少なくとも一層が半導電性繊維織物であり他は非導電性繊維織物であることを特徴とする超電導発電機固定子部品。

【請求項18】 請求項17において、半導電性繊維織物にカーボン繊維織物を、非導電性繊維織物にガラス繊維織物を使用したことを特徴とする超電導発電機固定子部品。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、超電導発電機の固定子に関する。

【0002】

【従来の技術】超電導発電機が開発される以前の発電機の固定子は、外側に配されリング状断面を有する円筒形の磁気シールド部材と、その内壁に配される歯部とが同一磁性鋼板を打抜いたものの積層構造により構成されていた。しかし電気学会技術報告(II部)第192号(昭和60年7月)の11頁に記載されているように、超電導発電機においては、強大な磁束密度の影響による渦電流損失の低減を目的として、前記歯部は磁気特性を犠牲にして非金属材料すなわち非導電性材料で置き換えられ、その歯部間に配される固定子コイルの支持のためにだけ配されることが行われるようになった。前記歯部の構成材にはその成形性と強度の観点からガラス繊維を用いた繊維強化プラスチック(以下FRPと略称する)が採用され、板状に成形された歯部が発電機軸方向に積層されて磁気シールド部材内壁に固定される。ところで高電圧の発電機の固定子コイルにはコロナの発生を防止するために最外層にコロナシールド層が形成される。そしてコロナシールド層の接地は、超電導発電機が開発される以前の発電機の固定子コイルの場合磁性鋼板製歯部が

存在したため、これを通して行われていた。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし超電導発電機では歯部が非導電体に置き換えられてしまったため、外側に配された磁気シールド部材あるいは更にその外側に配される固定子枠との間のいずれかと導通を計かるための導体接地を必要とすることになり余計な手間を要することになった。しかも、運転時に振動する固定子コイルの比較的薄くて脆弱なコロナシールド層を確実に捕縛してアースとの導通を確保するのは簡単ではない。

【0004】本発明の目的は、強大な磁束密度の影響による歯部渦電流損失の増加を抑制しながら、固定子コイルのコロナシールド層を確実に接地する超電導発電機固定子部品を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】非導電性材料から成る固定子歯部の発電機軸方向配列中の少なくとも一部に半導電性でかつ高剛性の非金属材料を含む板状歯部部品を配する。また必要に応じて、更に固定子コイルのコロナシールド層と前記半導電性板状歯部部品との接触を確実にするために歯部とコロナシールド層の間に半導電性弾性体クッションを挿入、または／および半導電性接着材料を用いてコロナシールド層と歯部を固着する。

【0006】

【作用】非導電性歯部の発電機軸方向配列の一部に半導電性板状歯部部品を配することにより、磁束密度の影響による歯部渦電流損失の増加の抑制と固定子コイル最外層のコロナシールド層の接地とが同時に可能になる。これにより別置きのコロナシールド層の導体接地が不要となって経済的になる。

【0007】この半導電性歯部部品が弾性率の高いものであれば、固定子コイルの接触支持部材としてより好適である。板状歯部部品にFRPを使用した場合にはFRPとして弾性率の高くなる材料を選ぶと共に、板状歯部部品成形時に、発電機固定子に組立てた時の発電機軸の直角断面内半径方向およびその直角方向に繊維方向がほぼ揃うようにして、同方向の弾性率をより高いものにする。

【0008】1個の板状歯部部品内全繊維を半導電性繊維で構成すると歯部渦電流が増え過ぎる場合には、1個の板状歯部部品内の発電機軸方向の半導電性繊維分布量を減らして対処する。逆に歯部渦電流損失問題の回避が可能な場合には、全歯部部品の全ての繊維を半導電性のものにして、固定子コイルの振動発生時にも固定子コイルの何処かが半導電性歯部に接触してコロナ対策が確実に作用するようにする。

【0009】全面的に半導電性板状歯部部品の採用が不可能な場合には特に、全面的に半導電性歯部とした場合にも、半導電性弾性体クッションを用い、あるいは／および半導電性接着性材料によるコロナシールド層と半導

電性歯部との間の固着法を採用することによってコロナシールド層とアース間の電氣的接続を確実なものとし信頼性を向上させる。

【0010】

【実施例】本発明を実施例により以下に説明する。

【0011】図1は、超電導発電機固定子の上半分を発電機軸に沿って切断した断面図である。図2は図1のA-A断面線に沿って切断した断面図である。外側に配されたリング状断面を構成する磁性金属材料を積層した円筒形の磁気シールド部材1の内壁にグブテール2を用いてFRPにより板状に成形して積層された歯部3を固定する。本実施例における歯部3内の発電機軸方向配列は、ガラス繊維を基材に用いた非導電性FRP歯部部品31の中央と両端部にカーボン繊維を基材に用いた半導電性FRP歯部部品32を配したものとなっている。歯部間には固定子コイル4を納めるためのスロット5が設けてあり、その中に納められた最外層に半導電性のコロナシールド層を有する固定子コイル4はウェッジ6により歯部3にしっかりと固定される。FRPを作成する場合の繊維7の配列方法には種々あり、発電機軸方向に対しては軸と垂直な平面に平行に繊維を積層するのが普通であるが、軸と垂直な平面内の繊維方向はどの方向でも自由に選択できる。また繊維7の状態もばらばらのもの、織物にしたものが選択できる。しかしこれらの中では図2の拡大図の中に示すように、固定子コイル4に対向する面Bにはほぼ垂直に配された繊維71と磁気シールド部材1の内壁面に対向する面Cにはほぼ垂直に配された繊維72を構成する方向に配した織物を使用するのが弾性率ひいては剛性の面からも取扱いの面からも最適である。コロナシールド層と磁気シールド部材1とを電氣的に接続するためには、半導電性FRPにおいて繊維71と繊維72の交点Dが電氣的に確実に接続されていることが重要になる。これらの要件を満たすものとして本実施例における半導電性FRPの繊維7には平織カーボン繊維織物を使用した。またFRPのマトリックスにはエポキシ樹脂を用いることにした。

【0012】本実施例の測定では1個の板状歯部部品の面Bと面Cとの間の体積抵抗率は $40\mu\Omega\text{m}$ の値を示し、固定子コイルのコロナシールド層はこの半導電性回路を通して磁気シールド部材經由で接地された。またこのカーボンFRP32はガラスFRP31に対し弾性率において約3倍の大きさの $6000\text{kg}/\text{mm}^2$ を示し、固定子コイル4が電磁力により振動した場合にもカーボンFRP32にコロナシールド層が強く押しつけられてコロナシールド層とカーボンFRPの間の電氣的接続は良好に保たれた。一方、強大な磁束密度の回転磁界による半導電性歯部部品32での渦電流損失は、非磁性金属材料歯部を用いた場合の $1/100$ 以下であった。

【0013】次に半導電性FRP歯部部品32の発電機軸方向配列を中央部のみ、両端部のみ、適当な位置1個

所あるいは数個所に変えて前記同様の測定を行った結果、ほぼ同様の接地効果を示すことが判明した。また磁束密度が小さく渦電流損失にそれ程留意する必要のない場合、歯部3全体を半導電性FRP歯部部品32のみで構成することができるが、この場合も固定子コイル4のコロナシールド層と磁気シールド部材1の間の電氣的接続は良好に保たれた。

【0014】第2の実施例として、カーボンFRPの繊維材料を朱子繊維物やロービング繊維物に変え、またFRPのマトリクスをエポキシ樹脂、ポリイミド樹脂、ポリエステル樹脂等に変化させてみたが、ほぼ同様な効果を得ることができた。

【0015】第3の実施例として図3に、半導電性FRP歯部部品32の構造の異なるものを示す。すなわち、1個の歯部部品内の発電機軸方向の繊維組成分布を半導電性繊維層、例えばカーボン繊維層73の部分と非導電性繊維層、例えばガラス繊維層74の部分とに分割する。このような繊維配列を採ることによって、板状歯部部品の抵抗率は少し大きくなるが、歯部渦電流損失を著しく低下させることができる。渦電流損失は一体となっている半導電性部分の厚みの3乗に比例するので、図3のように非導電性繊維層74により半導電性繊維層73を2分割にした場合には半導電性FRP歯部部品32の渦電流損失は分割せずに同一厚みの半導電性繊維層73を使用した場合の1/8以下に小さくなる。しかし渦電流損失が許容されるのなら必ずしも分割する必要はなく、またコロナシールド層との接触性が保たれるのなら分割数を増やしても差支えない。

【0016】以上に説明した実施例いずれの場合に対しても、固定子コイル4のコロナシールド層と半導電性歯部部品32との間の電氣的接続の信頼性を向上させる必要が生じてくる。発電機の短絡事故での突発電流発生時にも前記電氣的接続を確実にするために、例えばカーボン粉末を添加したエポキシ樹脂等、半導電性接着材を用いて前記コロナシールド層と半導電性歯部部品32とを接着する。温度が高く経年劣化の大きい固定子コイルに対してはバネ係数1~50kg/mm程度の半導電性波板のような半導電性の弾性体クッションを図4の参照番

号8で示すように歯部3のスロット5の面Bに接する位置に挿入すると前記コロナシールド層と歯部部品32との電氣的接続の信頼性は大いに向上する。さらに半導電性接着材で接着すると信頼性は更に向上する。構造上この半導電性弾性体クッション8は、半導電性歯部部品32のスパンだけでなく歯部3の発電機軸方向全長に亘って挿入することが肝要である。

【0017】

【発明の効果】超電導発電機の磁束密度の大きさに対応してその数を定めた半導電性歯部部品を非導電性の歯部間あるいは歯部端へ挿入することにより、歯部渦電流損失の増加の抑制と固定子コイルのコロナシールド層の接地とを同時に達成できることになった。さらに半導電性接着性材料による固着および半導電性弾性体クッションのスロット内挿入により経年劣化後も巨大振動発生時におけるコロナシールド層接地の信頼性を向上させることができた。

【図面の簡単な説明】

【図1】超電導発電機固定子の上半分を発電機軸に沿って切断した断面図である。

【図2】図1のA-A断面線に沿って切断した断面図である。

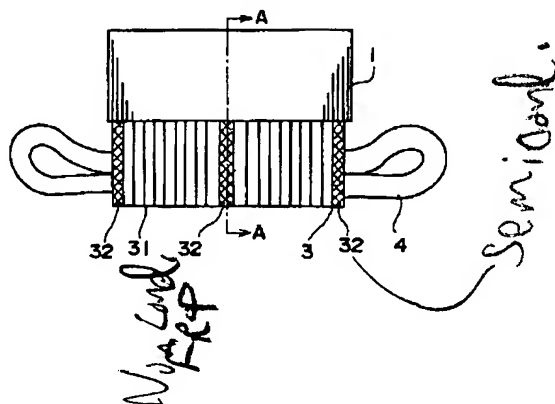
【図3】1ブロック内で一部の厚み分のみ半導電性繊維を用い他の厚み分には非導電性繊維を用いた半導電性歯部の構造説明図である。

【図4】半導電性弾性体クッションをスロット内に挿入した場合の図2と同一の断面図である。

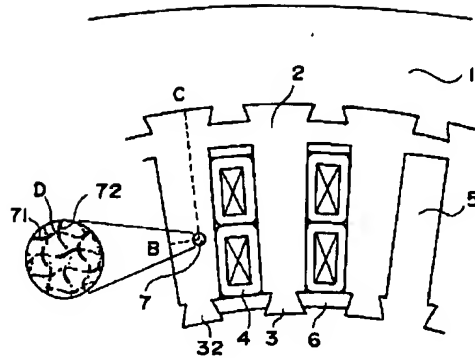
【符号の説明】

- 1 磁気シールド部材
- 3 歯部
- 4 固定子コイル
- 7 FRPの繊維
- 8 半導電性弾性体クッション
- 31 非導電性FRP歯部部品
- 32 半導電性FRP歯部部品
- 71 スロット面に垂直方向の繊維
- 72 磁気シールド部材内壁面に垂直方向の繊維

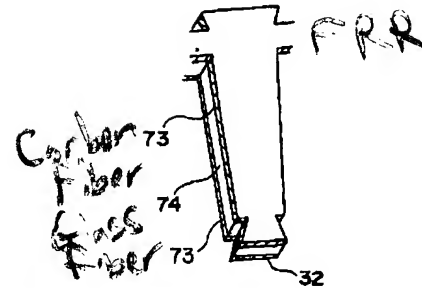
【図1】



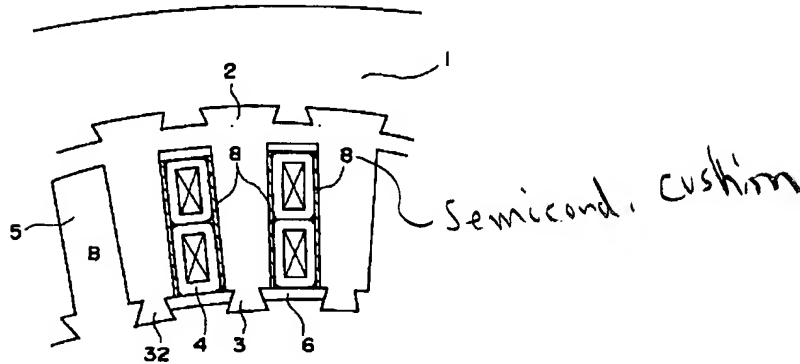
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 高橋 身佳  
茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内  
(72)発明者 佐藤 征規  
茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 春田 孝  
茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内  
(72)発明者 八木 恭臣  
茨城県日立市幸町三丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内

CLIPPEDIMAGE= JP406141531A

PAT-NO: JP406141531A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 06141531 A

TITLE: SUPERCONDUCTING GENERATOR AND STATOR PART

PUBN-DATE: May 20, 1994

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

HIGASHIMURA, YUTAKA

TAKAMURA, MAKOTO

TAKAHASHI, MIYOSHI

SATO, YUKINORI

HARUTA, TAKASHI

YAGI, YASUOMI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

CHODENDO HATSUDEN KANREN KIKI ZAIRYO

GIJUTSU KENKYU KUMIAI

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP04283099

APPL-DATE: October 21, 1992

INT-CL (IPC): H02K055/00

US-CL-CURRENT: 505/869

ABSTRACT:

PURPOSE: To provide means for securely grounding a stator corona shield without installing another means while controlling the increase in tooth eddy-current loss due to a large magnetic flux.

CONSTITUTION: A semi-conductive plate tooth parts 32 are installed in at least one part of axial arrangement distributions of a generator of a stator tooth made of a non-metallic material. Also, if necessary, a semi-conductive elastic

cushion is inserted between a stator coil 4 and a tooth 3,  
and/or a corona  
shield 1 is fixed on the tooth 3 using a semi-conductive  
adhesive. By  
inserting the semi-conductive tooth parts having the  
constant number of parts  
corresponding to a magnetic flux between non-conductive  
teeth or into tooth  
ends, a stator coil can be securely grounded while  
controlling the increase in  
tooth eddy- current loss. By using the semi-conductive  
elastic cushion and the  
semi- conductive adhesive, a ground is secured against, the  
rush current or the  
deterioration with age, and the reliability is improved.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio